

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10270758 A

(43) Date of publication of application: 09.10.98

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 A3

(21) Application number: 09093117

(22) Date of filing: 26.03.97

(71) Applicant:

TOYODA GOSEI CO  
LTD TOYOTA CENTRAL RES &  
DEV LAB INC

(72) Inventor:

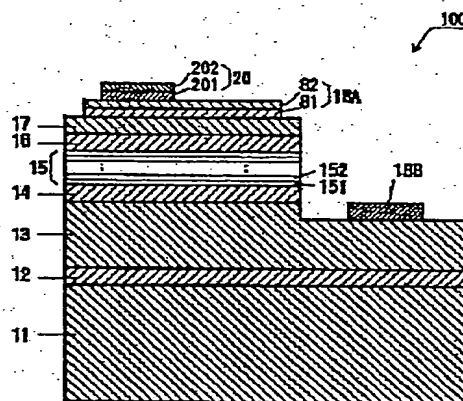
SHIBATA NAOKI  
KAMIMURA TOSHIYA  
MURAKAMI MASANORI(54) GALLIUM NITRIDE COMPOUND  
SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve electrical and optical characteristics of translucent electrodes of a gallium nitride compound semiconductor.

**SOLUTION:** Translucent electrode 18A is constituted of a first metal layer 81 composed of manganese (Mn) having a film thickness of 40 Å, which is in contact with a contact layer 17, and a second metal layer 82 composed of gold (Au) having a film thickness of 60 Å, which contacts with the first metal layer 81. After forming the electrode 18A, an electrode 18B and an electrode 20, they are heated in an atmosphere containing O<sub>2</sub> gas for 3 minutes at the temperature of about 550°C to convert the contact layer 17 and a clad layer 16 to p-type layers having a low resistance, while subjecting the contact layer 17 and the first metal layer 81, the second metal layer 82 and the pad electrode 20 to alloying, and also subjecting the electrode 18B and an n<sup>+</sup> layer 13 to alloying. As a result, electric and translucent characteristics are improved.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO





17

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10135515 A

(43) Date of publication of application: 22.05.98

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 A3

H01L 21/28

(21) Application number: 08307156

(22) Date of filing: 02.11.96

(71) Applicant:

TOYODA GOSHI CO  
LTD TOYOTA CENTRAL RES &  
DEV LAB INC

(72) Inventor:

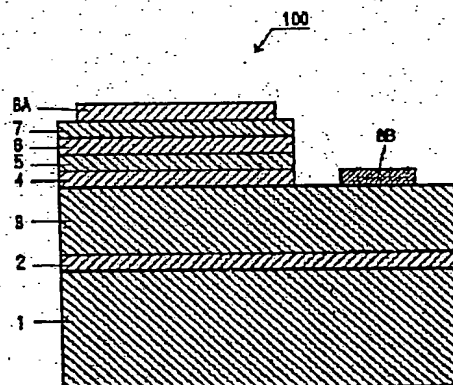
SHIBATA NAOKI  
KAMIMURA TOSHIYA  
ASAI MAKOTO  
UMEZAKI JUNICHI  
OZAWA TAKAHIRO  
MORI TOMOHIKO  
OWAKI TAKESHI(54) ELECTRODE FORMATION OF GROUP-III  
NITRIDE SEMICONDUCTOR

## (57) Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve bonding strength and ohmic property and reduce contact resistance by forming a nickel(Ni) electrode layer and a gold (Au) electrode layer one by one on a surface of a semiconductor and carrying out heat treatment in the presence of oxygen ( $O_2$ ).

**SOLUTION:** Nickel(Ni) is formed to a film in high vacuum on an exposed P<sup>+</sup>-layer 7 by a deposition device and a first metallic layer is formed. Then, an electrode 8A to the p<sup>+</sup>-layer 7 is shaped by removing Ni and Au deposited on a photoresist. Mixture gas of  $O_2$  gas and gas containing one or more kinds of  $N_2$ ,  $H_2$ , He, Ne, Ar, Kr is introduced and subjected to heat treatment. Nickel and gold are laminated and are subjected to heat treatment in oxygen atmosphere in this way, an element distribution in a depth direction from a surface of a p-conductivity type group-III nitride semiconductor is made a distribution then, gold permeates deeper than nickel. As a result, ohmic property is improved and contact resistance of an electrode is reduced. Furthermore, junction degree of an electrode layer is improved.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-135515

(43) 公開日 平成10年(1998)5月22日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	P.1	
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C
			E
21/28	3 0 1	21/28	3 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-307156

(22) 出願日 平成8年(1996)11月2日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長瀬字横道41番地の1

(72) 発明者 柴田 直樹

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

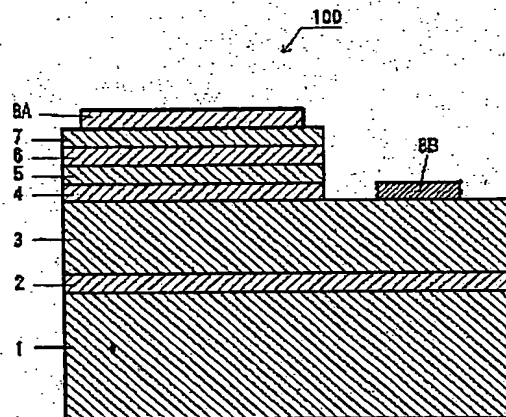
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3族窒化物半導体の電極形成方法

(57) 【要約】

【目的】 p 伝導形 3 族窒化物半導体に対する電極において、オーミック性の改善、低抵抗化、接合強度の向上を図る。

【構成】 p 層 7 の表面上に、ニッケル(Ni)層、その上に金(Au)層を形成して、酸素ガスの存在する雰囲気中において熱処理することで、深さ方向の元素の分布を反転させて、表面側からニッケル(Ni)、金(Au)の順に元素が存在するように構成させた。そのことにより、電極はより低抵抗で且つオーミック性が向上し、しかも、接合強度の高いものとなった。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 p 伝導型3族窒化物から成る半導体の電極の形成方法において、

前記半導体の表面上にニッケル(Ni)電極層と金(Au)電極層を順次形成し、

酸素(O<sub>2</sub>)存在下で熱処理を行うことを特徴とするp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

【請求項2】 前記金(Au)電極層の厚さは100 Å以下であることを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

【請求項3】 前記ニッケル(Ni)電極層の厚さは200 Å以下であることを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

【請求項4】 前記金(Au)電極層及び前記ニッケル(Ni)電極層は透光性を有することを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

【請求項5】 前記熱処理は、450℃～650℃で行うことを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

【請求項6】 前記熱処理により、p伝導型3族窒化物半導体に前記金(Au)電極層の構成元素が拡散、浸透することにより、相対的に前記ニッケル(Ni)電極層は前記金(Au)電極層の上に形成されることを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

【請求項7】 前記熱処理は、熱処理雰囲気中の酸素(O<sub>2</sub>)分圧を1 Pa (7×10<sup>-3</sup> torr)以上の存在下で行うことを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

【請求項8】 前記酸素(O<sub>2</sub>)の前記窒素(N<sub>2</sub>)に対する比率を0.01～100%とすることを特徴とする請求項7に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法、

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、p伝導型3族窒化物半導体に対する電極の電極形成方法に関する。特に、p伝導型3族窒化物半導体に対する電極の接合強度とオーミック性と接触抵抗を改善したものに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、p伝導型 GaN (p-GaN)の電極として、金(Au)を GaN層表面に蒸着したものが知られている。しかし、この金(Au)を GaN層表面に直接蒸着する場合には、接合性が悪く、GaN層に対して合金化処理すると、金電極が剥離するという問題がある。

【発明が解決しようとする課題】そこで、金(Au)と GaN層表面との間にニッケル(Ni)を介在させて、金(Au)の GaN層に対する密着性を向上させることが行われている。しかし、この場合においても、オーミック性が良くなく又電極の接触抵抗も大きいという問題がある。

【0003】従って本発明の目的は、p伝導型3族窒化物半導体に対する電極において、接合強度が良好で、且

つ、よりオーミック性を改善し、接触抵抗を小さくした電極の形成方法を提供することである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、p伝導型3族窒化物から成る半導体の電極の形成方法において、半導体の表面上にニッケル(Ni)電極層と金(Au)電極層を順次形成し、酸素(O<sub>2</sub>)存在下で熱処理を行うことを特徴とする。

【0005】請求項2の発明は、金(Au)電極層の厚さを100 Å以下とし、請求項3の発明は、ニッケル(Ni)電極層の厚さを200 Å以下としたことを特徴とする。又、請求項4の発明は、金(Au)電極層及び前記ニッケル(Ni)電極層を透光性があるように構成したことである。

【0006】請求項5の発明は、熱処理を、450℃～650℃で行い、請求項6の発明は、熱処理により、p伝導型3族窒化物半導体に前記金(Au)電極層の構成元素が拡散、浸透することにより、相対的にニッケル(Ni)電極層は金(Au)電極層の上に形成されることを特徴とする。さらに、請求項7の発明は、熱処理は、チャンバー内の酸素(O<sub>2</sub>)分圧を1 Pa以上の状態で行うことを特徴とし、

請求項8の発明は、酸素(O<sub>2</sub>)の窒素(N<sub>2</sub>)に対する比率を0.01～10%とすることを特徴とする。

【0007】本発明は、上記のように、酸素雰囲気中で熱処理することで、電極の元素分布が金層の形成時の分布に対して反転させることを特徴としている。即ち、電極の形成後には、上側に形成した電極層の構成元素金(Au)が、下側に形成した金属層の構成元素ニッケル(Ni)よりも下側、即ち、3族窒化物半導体層の近くにより多く分布し、下側に形成した金属層の構成元素ニッケル(Ni)が上側に形成した電極層の構成元素金(Au)よりも上側、即ち、3族窒化物半導体層の近くにより多く分布することが特徴である。

## 【0008】

【作用及び発明の効果】ニッケル、金と積層して酸素雰囲気中で熱処理することで、p伝導型3族窒化物半導体の表面から深さ方向における元素分布が、ニッケル(Ni)よりも金(Au)が深く浸透した分布とすることができる。その結果、オーミック性が良好になり、電極の接触抵抗を小さくすることができた。又、ニッケルをp伝導型3族窒化物半導体の表面に最初形成していることから、電極層の接合度が向上した。

【0009】金電極層の厚さを100 Å以下、ニッケル電極層の厚さを200 Å以下とすることで、良好な透光性が得られると共に、良好なオーミック性が得られた。金電極層の厚さが100 Å以上となると雰囲気中の酸素がニッケル電極層にまで至らないため、酸素元素による金属元素の反転分布が見られないので、効果がない。又、ニッケル電極層の厚さが200 Å以上となると透光性が低下するために望ましくない。又、熱処理を酸素雰囲気中で450℃～650℃の範囲で行うと、金をp伝導型3族窒化物半

導体の表面からより深いところまで浸透させることができ、逆にニッケルを表面層により多く分布させることができた。この結果、電極層の接合強度が改善されると共に、オーミック性が改善され、接触抵抗を小さくすることが可能となった。

【0010】又、熱処理は、チャンバー内の酸素( $O_2$ )分圧を1 Pa ( $7 \times 10^{-4}$  torr) 以上の状態で行うことで、上記した電極特性の改善が見られた。さらに、酸素( $O_2$ )の窒素( $N_2$ )に対する比率は0.01%~100%が望ましい。酸素の比率が0.01%より少なくなると、ニッケル、金の反転分布が生じないために、電極の接触抵抗が大きくなり望ましくない。

【0011】このような電極を有する3族窒化物半導体素子は、印加電圧の低下、信頼性の向上、接触抵抗の低下等、素子特性が優れたものとなる。発光ダイオード、レーザダイオードでは、発光効率が向上する。

【0012】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1はサファイア基板1の上に形成された3族窒化物半導体で形成された発光素子100の模式的な構成断面図である。サファイア基板1の上にAlNパッド層2が設けられ、その上にSiドーパn形Ga<sub>0.9</sub>N層3(n<sup>-</sup>層)が形成されている。このn<sup>-</sup>層3の上に0.5μmのSiドーパのn<sup>-</sup>伝導型のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層4(n<sup>-</sup>層)が形成され、n層4の上に厚さ0.4μmのAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N/Ga<sub>0.9</sub>Nから成る多量子井戸構造の活性層5が形成され、その活性層5の上にマグネシウムドーパのp<sup>-</sup>伝導型のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層6(p<sup>-</sup>層)が形成されている。そのp<sup>-</sup>層6の上に、高濃度マグネシウムドーパのp<sup>-</sup>伝導型のGa<sub>0.9</sub>N層7(p<sup>-</sup>層)が形成されている。p<sup>-</sup>層7の上には金属蒸着による電極8Aが、n<sup>-</sup>層3の上に電極8Bが形成されている。電極8Aは、p<sup>-</sup>層7に接合するニッケルと、ニッケルに接合する金とで構成されている。電極8Bはアルミニウム又はアルミニウム合金で構成されている。

【0013】次に、この発光素子100の電極8Aの製造方法について説明する。MOCVD法により、パッド層2からp<sup>-</sup>層7までを形成する。そして、p<sup>-</sup>層7の上にマスクを形成し所定部分のマスクを除去し、マスクで覆われていない部分のp<sup>-</sup>層7、p<sup>-</sup>層6、活性層5、n層4を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、n<sup>-</sup>層3の表面を露出させた。その後、マスクをエッチング処理にて除去した。次に、以下の手順で電極8Aを形成した。

【0014】(1) 表面上にフォトリソist 9を一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、p<sup>-</sup>層7の上の電極形成部分のフォトリソist 9を除去して、窓部9Aを形成する。

(2) 蒸着装置にて、露出させたp<sup>-</sup>層7の上に、 $10^{-4}$  Torr程度以下の高真空中にてニッケル(Ni)を10~200 Å成膜

させて、図2(a)に示すように、第1金属層8-1を形成する。

(3) 続いて、第1金属層8-1の上に金(Au)を20~500 Å成膜させて、図2(a)に示すように、第2金属層8-2を形成する。

(4) 次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法により、フォトリソist 9上に堆積したNiとAuとを除去して、p<sup>-</sup>層7に対する電極8Aを整形する。

(5) 電極8A上の一部に電極パッドを形成する場合に、フォトリソistを一様に塗布して、その電極パッドの形成部分のフォトリソistに窓を開ける。次に、金(Au)またはアルミ(Al)またはそれらを含む合金を1.5 μm程度、蒸着により成膜させる。(4)の工程と同様に、リフトオフ法により、フォトリソist上に堆積したAu又はAlとを除去して、電極パッドを整形する。

(6) その後、試料を真空ポンプにて排気したあと、所定のガスを導入し、その状態で雰囲気温度を450℃以上650℃以下にして、数秒~数10分程度、加熱させる。但し、この加熱処理は以下の条件で行うことが可能である。雰囲気ガスは $O_2$ ガスと、 $N_2$ 、 $H_2$ 、He、Ne、Ar、Krのうちの1種以上を含むガスとの混合ガスが利用可能であり、圧力は1 mTorr から大気圧を超える圧力の範囲で任意である。さらに、雰囲気ガスにおける $N_2$ 、 $H_2$ 、He、 $O_2$ 、Ne、Ar、又はKrガスの分圧は0.01~100%であり、この雰囲気ガスで封入した状態又はこの雰囲気ガスを遠流させた状態で加熱しても良い。

【0015】ニッケル(Ni)、金(Au)の層後に上記の加熱処理をした結果、ニッケル(Ni)の第1金属層8-1の上の第2金属層8-2の金(Au)が、第1金属層8-1を通してp<sup>-</sup>層7の中に拡散あるいは接合し、p<sup>-</sup>層7のGa<sub>0.9</sub>Nと、合金状態を形成する。図2(b)に熱処理後の様子を模式的に示す(パッド電極は図示されていない)。即ち、熱処理前後において、AuとNiの浸透方向の分布が反転する。

【0016】熱処理が実施された後のp<sup>-</sup>層7の表面付近の元素分布をオージェ電子分光分析(AES)で調べた。その結果を図3に示す。p<sup>-</sup>層7の表面付近(表面から約3nmまで)はニッケルの濃度が金濃度よりも高い。表面から約3 nm以上に深いところのp<sup>-</sup>層7では金がニッケルよりも高濃度に分布しているのが分かる。よって、金はニッケルの第1金属層8-1を通過して、p<sup>-</sup>層7の深層部にまで達して、そこで、合金が形成されているのが分かる。また、この場合には酸素元素もp<sup>-</sup>層7の表面付近にニッケル(Ni)と同様な分布特性で分布しているも理解される。

【0017】450℃以上650℃以下の所定の温度で熱処理を実施する前に、高真空(1 mTorr 以下)まで排気せず、数torr~数10torrの空気が残存している状態に排気し、その後大気圧まで窒素( $N_2$ )にて封入し、その後熱処理を加えることにより低抵抗となることが判明した。

酸素( $O_2$ )と窒素( $N_2$ )の割合は0.01%~100%の範囲が電極の接触抵抗を低下させる観点から望ましい。

【0018】上記のような反転分布が生じる理由として、ニッケルが金よりもイオン化ポテンシャルが低いので、熱処理中に、ニッケルが表面近くに移動し、その反作用として金が3族窒化物半導体と合金化され半導体内に浸透すると考えられる。この結果、オーミック性の良い金と3族窒化物半導体とが合金化される結果、この電極のオーミック性は良好となる。又、ニッケルは、金よりも反応性が高く3族窒化物半導体と強固に接合する結果、この電極の接着強度が向上する。

【0019】以下、発光素子に上記の電極を形成する時の熱処理に関して、種々の実験を行った。図4は、上記の厚さでニッケル、金を積層して、600℃で熱処理する時に、窒素に対する酸素の比率を変化させて電極を形成した時の20mAの電流が流れる時の発光素子の駆動電圧 $V_f$ を測定したものである。 $O_2/N_2$ の比率が0.05~10%の時に、駆動電圧 $V_f$ が3.6V以下となり、酸素が存在しない状態で熱処理して形成した駆動電圧 $V_f$ が4.8Vであるため、明らかに、酸素雰囲気中で熱処理をした方が電極の接触電位差が低下していることが理解される。

【0020】図5は、熱処理温度600℃、 $O_2/N_2$ 比率1%、金層の厚さ60Åの条件で熱処理する時に、ニッケル層の厚さを変化させて電極を形成した時の20mAの電流が流れる時の発光素子の駆動電圧 $V_f$ を測定したものである。ニッケル層の厚さが22Å~66Åの範囲の時に、駆動電圧 $V_f$ は3.52V以下となった。ニッケル層の厚さが18Åより薄くなると、駆動電圧 $V_f$ は3.88V以上となり、ニッケル層の厚さに関して顕著な特性が見られた。\*30

\*【0021】図6は、ニッケル層の厚さ44Å、 $O_2/N_2$ 比率1%、熱処理温度を580℃、600℃、620℃の場合で、金層の厚さを変化させて電極を形成した時の20mAの電流が流れる時の発光素子の駆動電圧 $V_f$ を測定したものである。金層の厚さが110Åと厚くなると、いずれの熱処理温度であっても、駆動電圧 $V_f$ が高くなっているのが理解される。これは、金層が厚いため、雰囲気中の酸素元素がニッケル層に達しないためと思われる。よって、金層の厚さは100Åより薄いことが望ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な実施例にかかる発光素子の構造を示した断面図。

【図2】p<sup>+</sup>層の表面層における電極の熱処理前と熱処理後の構造を模式的に示した断面図。

【図3】p<sup>+</sup>層の表面層のオーシェ電子分光分析の結果を示した測定図。

【図4】 $O_2/N_2$ 比率に対する発光素子の駆動電圧の変化を測定した測定図。

【図5】ニッケル電極層の厚さに対する発光素子の駆動電圧の変化を測定した測定図。

【図6】金電極層の厚さに対する発光素子の駆動電圧の変化を測定した測定図。

【符号の説明】

100... GaN系半導体発光素子

8A、8B...電極

4...n層

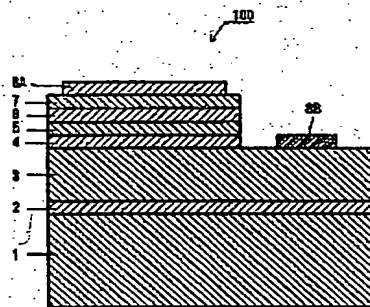
5...活性層

6...p層

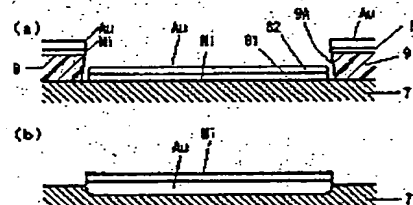
7...p<sup>+</sup>層

9A...窒素

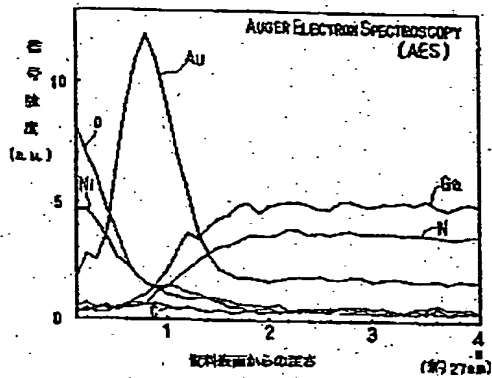
【図1】



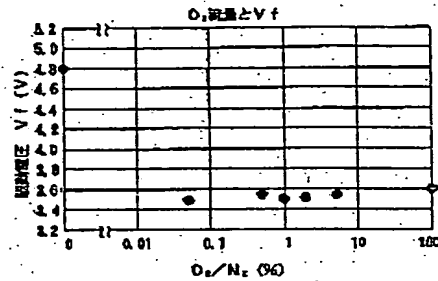
【図2】



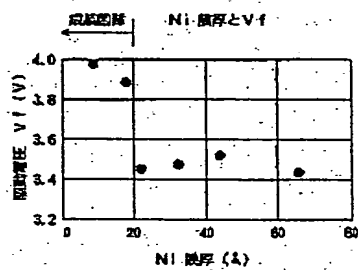
【図3】



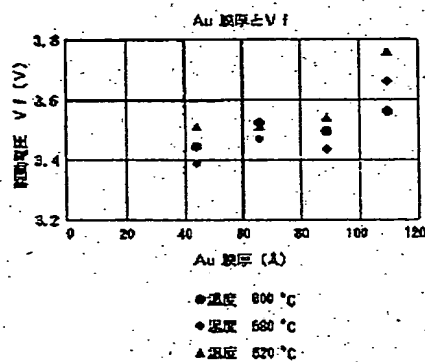
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (72)発明者 上村 俊也  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内
- (72)発明者 浅井 誠  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内
- (72)発明者 梅崎 潤一  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

- (72)発明者 小澤 隆弘  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 森 朋彦  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 大脇 健史  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内



**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor characterized by forming (Nickel nickel) electrode layer and a golden (Au) electrode layer one by one on the front face of the aforementioned semiconductor, and heat-treating under oxygen (O<sub>2</sub>) existence in the formation method of the electrode of the semiconductor which consists of a p conduction-type 3 group nitride.

[Claim 2] The aforementioned golden (Au) electrode layer thickness is the electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor according to claim 1 characterized by being below 100 \*\*.

[Claim 3] The aforementioned (nickel nickel) electrode layer thickness is the electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor according to claim 1 characterized by being below 200 \*\*.

[Claim 4] The aforementioned golden (Au) electrode layer and the aforementioned (nickel nickel) electrode layer are the electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor according to claim 1 characterized by having a translucency.

[Claim 5] It is the electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor according to claim 1 characterized by performing the aforementioned heat treatment by 450 \*\* - 650 \*\*.

[Claim 6] When the composition element of the aforementioned golden (Au) electrode layer spreads and permeates a p conduction-type 3 group nitride semiconductor with the aforementioned heat treatment, the aforementioned (nickel nickel) electrode layer is the electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor according to claim 1 characterized by being formed on the aforementioned golden (Au) electrode layer relatively.

[Claim 7] It is the electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor according to claim 1 characterized by the aforementioned heat treatment performing the oxygen (O<sub>2</sub>) partial pressure of heat treatment atmosphere under the existence more than 1Pa (7x10<sup>-7</sup> torr).

[Claim 8] The aforementioned nitrogen of the aforementioned oxygen (O<sub>2</sub>) (N<sub>2</sub>) The electrode formation method of the p conduction-type 3 group nitride semiconductor according to claim 7 characterized by making the receiving ratio into 0.01-100 %.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the electrode formation method of an electrode for a p conduction-type 3 group nitride semiconductor. It is related with what has improved the bonding strength, ohmic nature, and contact resistance of the electrode to a p conduction-type 3 group nitride semiconductor especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] The former, p conduction type As an electrode of GaN (p-GaN), it is gold (Au). What was deposited on the GaN layer front face is known. however, this gold (Au) junction nature is bad when carrying out vacuum evaporation to a GaN layer front face directly -- when alloying processing is carried out to a GaN layer, there is a problem that a golden electrode exfoliates

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, gold (Au) Nickel (nickel) is made to intervene between GaN layer front faces, and it is gold (Au). Raising the adhesion to a GaN layer is performed. However, the contact resistance of an electrode also has the problem [ nature / ohmic ] of being large, in this case at best again.

[0003] Therefore, the purpose of this invention is offering the formation method of an electrode the bond strength's having been good, and having improved ohmic nature more, and having made contact resistance small in the electrode to a p conduction-type 3 group nitride semiconductor.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In the formation method of the electrode of the semiconductor which consists of a p conduction-type 3 group nitride, invention of a claim 1 forms (Nickel nickel) electrode layer and a golden (Au) electrode layer one by one on the front face of a semiconductor, and is characterized by heat-treating under oxygen (O<sub>2</sub>) existence.

[0005] Invention of a claim 2 makes golden (Au) electrode layer thickness below 100 \*\*, and invention of a claim 3 is characterized by making (Nickel nickel) electrode layer thickness below into 200 \*\*. Moreover, invention of a claim 4 is having constituted the golden (Au) electrode layer and the aforementioned (nickel nickel) electrode layer, as there was a translucency.

[0006] It is relatively characterized by forming (Nickel nickel) electrode layer on a golden (Au) electrode layer by invention of a claim 5 heat-treating by 450 \*\* - 650 \*\*, and the composition element of the aforementioned golden (Au) electrode layer diffusing invention of a claim 6 to a p conduction-type 3 group nitride semiconductor with heat treatment, and permeating. Furthermore, heat treatment is characterized by performing the oxygen (O<sub>2</sub>) partial pressure in a chamber in the state 1Pa or more by invention of a claim 7, and invention of a claim 8 is nitrogen (N<sub>2</sub>) of oxygen (O<sub>2</sub>). It is characterized by making the receiving ratio into 0.01 - 10%.

[0007] As mentioned above, this invention is heat-treating in oxygen atmosphere, and is characterized by the element distribution of an electrode making it reversed to the distribution at the time of formation of a metal layer. After formation of an electrode, namely, the composition element gold (Au) of the electrode layer formed in the bottom under surface than the composition element nickel (nickel) of the metal layer formed in the bottom -- that is It is the feature that it is mostly distributed near the 3 group nitride semiconductor layer, and the composition element nickel (nickel) of the metal layer formed in the bottom is mostly distributed by the long distance of a \*\*\*\* [ gold /

(Au) / composition element / of the electrode layer formed in the bottom ], i.e., 3 group nitride semiconductor layer.

[0008]

[Function and Effect(s) of the Invention] The element distribution in the depth direction can consider as the distribution which gold (Au) permeated deeply from nickel (nickel) from the front face of a p conduction-type 3 group nitride semiconductor by carrying out a laminating to nickel and gold and heat-treating in oxygen atmosphere. Consequently, ohmic nature was able to become good and was able to make contact resistance of an electrode small. Moreover, since nickel was first formed in the front face of a p conduction-type 3 group nitride semiconductor, the degree of junction of an electrode layer improved.

[0009] While the good translucency was obtained by making nickel electrode layer thickness below 200 \*\* for golden electrode layer thickness below 100 \*\*, good ohmic nature was obtained. Since the oxygen in atmosphere will not result even in a nickel electrode layer if golden electrode layer thickness becomes more than 100 \*\* and the inverted population of the metallic element by the oxygen element is not seen, it is ineffective. Moreover, it is not desirable in order for a translucency to fall, if nickel electrode layer thickness becomes more than 200 \*\*. Moreover, when heat-treated in the range of 450 \*\* - 650 \*\* in oxygen atmosphere, gold could be made to have been able to permeate from the front face of a p conduction-type 3 group nitride semiconductor to a deeper place, and nickel was able to be conversely distributed mostly by the surface layer. Consequently, while the bonding strength of an electrode layer had been improved, ohmic nature has been improved and it became possible to make contact resistance small.

[0010] Moreover, it is that heat treatment performs the oxygen (O<sub>2</sub>) partial pressure in a chamber in the state more than 1Pa (7x10<sup>-7</sup>torr), and the improvement of the above-mentioned electrode characteristic was found. Furthermore, nitrogen of oxygen (O<sub>2</sub>) (N<sub>2</sub>) The receiving ratio has 0.01% - desirable 100 %. If the ratio of oxygen becomes less than 0.01%, since the inverted population of nickel and gold will not arise, the contact resistance of an electrode becomes large and is not desirable.

[0011] 3 group nitride semiconductor device which has such an electrode becomes the thing excellent in element properties, such as a fall of applied voltage, improvement in reliability, and a fall of contact resistance. Luminous efficiency improves in light emitting diode and a laser diode.

[0012]

[Example] Hereafter, this invention is explained based on a concrete example. Drawing 1 is the light emitting device 100 formed with 3 group nitride semiconductor formed on silicon on sapphire 1. It is a typical composition cross section. On silicon on sapphire 1 The AlN buffer layer 2 is formed and it is Si dope n type GaN on it. The layer 3 (n<sup>+</sup> layer) is formed. This n<sup>+</sup> On a layer 3 aluminum<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N of n conduction type of 0.5-micrometer Si dope A layer 4 (n layers) is formed. n layer 4 top -- thickness 0.4-micrometer aluminum<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>/In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N from -- the barrier layer 5 of the multiplex quantum well structure which changes forms -- having -- the barrier-layer 5 top -- aluminum<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N of p conduction type of a magnesium dope The layer 6 (p layers) is formed. On the p layer 6, it is p conduction type of a high concentration magnesium dope. The GaN layer 7 (p<sup>+</sup> layer) is formed. p<sup>+</sup> Electrode 8A according to metal vacuum evaporation in a layer 7 top is n<sup>+</sup>. Electrode 8B is formed on the layer 3. Electrode 8A is p<sup>+</sup>. It consists of nickel joined to a layer 7, and gold joined to nickel. Electrode 8B consists of aluminum or an aluminium alloy.

[0013] Next, this light emitting device 100 The manufacture method of electrode 8A is explained. By the MOCVD method, it is p<sup>+</sup> from a buffer layer 2. Even a layer 7 is formed. And p<sup>+</sup> p<sup>+</sup> of the portion which forms a mask on a layer 7, removes the mask of a predetermined portion, and is not covered with a mask It \*\*\*\*\*s by reactive ion etching by the gas which contains chlorine for 4 7 or p layer 6 and 5 or n layers of barrier layers of layers, and is n<sup>+</sup>. The front face of a layer 3 was exposed. Then, the mask was removed by etching processing. Next, electrode 8A was formed in the following procedures.

[0014] (1) Apply a photoresist 9 uniformly on a front face, and it is p<sup>+</sup> by the photolithography. The photoresist 9 of the electrode formation portion on a layer 7 is removed, and window part 9A is formed.

(2) p<sup>+</sup> exposed with vacuum evaporation equipment On a layer 7, 10-200 \*\* membrane formation

of nickel (nickel) is done in the high vacuum of about 10 to 6 or less Torr, and it is drawing 2 (a). The 1st metal layer 81 is formed so that it may be shown.

(3) Then, do 20-500 \*\* membrane formation of gold (Au) on the 1st metal layer 81, and as shown in drawing 2 (a), form the 2nd metal layer 82.

(4) Next, take out a sample from vacuum evaporation equipment, remove nickel and Au which were deposited on the photoresist 9 by the lift-off method, and it is p+. Electrode 8A to a layer 7 is operated orthopedically.

(5) In forming an electrode pad in the part on electrode 8A, a photoresist is applied uniformly and it opens an aperture in the photoresist of the formation portion of the electrode pad. Next, it is an alloy containing gold (Au), aluminum (aluminum), or them 1.5 Membranes are made to form by mum grade and vacuum evaporation. (4) Like \*\*\*\*\*, by the lift-off method, remove Au or aluminum deposited on the photoresist, and operate an electrode pad orthopedically.

(6) After exhausting sample atmosphere with a vacuum pump after that, introduce predetermined gas, make ambient temperature below into 650 \*\* more than 450 \*\*, and make it heat several seconds - about 10 minutes of numbers in the state. However, it is possible to perform this heat-treatment on condition that the following. a controlled atmosphere -- O<sub>2</sub> gas, and N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, helium, Ne, Ar and Kr mixed gas with the gas containing one or more sorts -- use -- possible -- a pressure -- 1mTorr from -- it is arbitrary in the range of the pressure exceeding atmospheric pressure. Furthermore, the partial pressure of N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, helium, O<sub>2</sub>, Ne and Ar in a controlled atmosphere, or kr gas is 0.01-100 %, and may be heated in the state where the state enclosed by this controlled atmosphere or this controlled atmosphere was made to flow back.

[0015] As a result of carrying out the above-mentioned heat-treatment after the laminating of nickel (nickel) and gold (Au), the gold (Au) of the 2nd metal layer 82 on the 1st metal layer 81 of nickel (nickel) lets the 1st metal layer 81 pass, and it spreads or contacts into the p+ layer 7, and is p+. GaN of a layer 7 An alloy state is formed. Drawing 2 (b) The situation after heat treatment is shown typically (not shown [ the pad electrode ]). That is, the distribution of the depth direction of Au and nickel is reversed before and after heat treatment.

[0016] p+ after heat treatment was carried out It is Auger electron spectral analysis (AES) about the element distribution near the front face of a layer 7. It investigated. The result is shown in drawing 3. p+ Near the front face of a layer 7 has the concentration of nickel higher than golden concentration (from a front face to about 3nm). p+ of a place deep from a front face to more than about 3 nm In a layer 7, it turns out that gold is distributed over high concentration rather than nickel. Therefore, gold passes the 1st metal layer 81 of nickel, and is p+. It turns out that even the depths section of a layer 7 is reached and the alloy is formed there. moreover, in this case, the oxygen element is also distributed near the front face of the p+ layer 7 in the same distribution property as nickel (nickel) -- thing understanding is carried out

[0017] 450 before heat-treating at the predetermined temperature below 650 \*\* more than \*\* -- up to a high vacuum (below 1m Torr) -- not exhausting -- several -- the state where the air of torr - number 10torr remains -- exhausting -- after that -- up to atmospheric pressure -- nitrogen (N<sub>2</sub>) It enclosed and low resistance and the bird clapper became clear by adding the postheat treatment. Oxygen (O<sub>2</sub>) and nitrogen (N<sub>2</sub>) The range of a rate of 0.01% - 100 % is desirable from a viewpoint in which the contact resistance of an electrode is reduced.

[0018] As a reason which the above inverted population produces, rather than gold, nickel moves [ ionization potential ] near the front face during heat treatment by the low's, and nickel is considered that gold is alloyed with 3 group nitride semiconductor, and it permeates in a semiconductor as the reaction. Consequently, as a result of alloying the good gold of ohmic nature, and 3 group nitride semiconductor, the ohmic nature of this electrode becomes good. Moreover, as a result of reactivity's joining rather than gold as firmly [ it is high and ] as 3 group nitride semiconductor, the bond strength of nickel of this electrode improves.

[0019] Hereafter, various experiments were conducted on the light emitting device about heat treatment when forming the above-mentioned electrode. Drawing 4 is the driver voltage V<sub>f</sub> of a light emitting device when carrying out the laminating of nickel and the gold by the above-mentioned thickness and heat-treating by 600 \*\*, in case the 20mA current when changing the ratio of the oxygen to nitrogen and forming an electrode flows. It measures. O<sub>2</sub> / N<sub>2</sub> When a ratio is 0.05 -

100%, it is driver voltage  $V_f$ . Driver voltage  $V_f$  heat-treated and formed in the state where become below 3.6 V and oxygen does not exist. Since it is 4.8 V, it is understood that the contact-potential difference of an electrode is falling [ the direction which heat-treated in oxygen atmosphere ] clearly.

[0020] Drawing 5 is heat treatment temperature 600 \*\*, O<sub>2</sub> / N<sub>2</sub>. Driver voltage  $V_f$  of a light emitting device in case the 20mA current when changing nickel layer thickness and forming an electrode, when heat-treating on conditions with a% [ of ratios ] of 1 and a thickness [ of a gold layer ] of 60A flows. It measures. When nickel layer thickness is the range which is 22A - 66A, it is driver voltage  $V_f$ . It became less than [ 3.52V ]. If nickel layer thickness becomes thinner than 18A, it is driver voltage  $V_f$ . It became more than 3.88V and the remarkable property was seen about nickel layer thickness.

[0021] Drawing 6 is 44A of nickel layer thickness, O<sub>2</sub> / N<sub>2</sub>. Driver voltage  $V_f$  of a light emitting device in case the 20mA current when 1% of ratios and heat treatment temperature changing the thickness of a gold layer by the case of 580 \*\*, 600 \*\*, and 620 \*\*, and forming an electrode flows. It measures. If the thickness of a gold layer becomes thick with 110 \*\*, even if it is which heat treatment temperature, it is driver voltage  $V_f$ . It is understood that it is high. Since the gold layer is thick, this is considered for the oxygen element in atmosphere not to reach a nickel layer. Therefore, as for the thickness of a gold layer, it is desirable that it is thinner than 100 \*\*.

---

[Translation done.]